

Las tendencias de la tecnología del hormigón

Miguel A. Rodríguez-Torices Sanz

MIEMBRO DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS

DEL CONSEJO GENERAL DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA DE ESPAÑA

REPRESENTANTE EN EL ANR/CTC-061 "HORMIGÓN PREPARADO"

RESUMEN

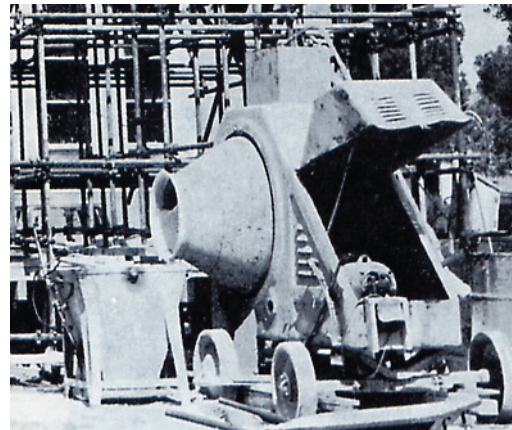
Se presenta la evolución de la tecnología de la preparación del hormigón, haciendo un breve recorrido desde los años 60, época en la que en España se inició la industrialización de la fabricación del hormigón, hasta nuestros días en donde, de forma casi vertiginosa, vemos como la técnica permite que aparezcan en el mercado hormigones con propiedades muy distintas de aquellos básicos o primitivos que fabricábamos a pié de nuestras obras con medios muy rudimentarios y que aún se siguen fabricando en muy pequeña cuantía. Estos nuevos hormigones son la respuesta de la investigación para resolver los nuevos hitos o exigencias de la construcción moderna: resistencia, durabilidad y trabajabilidad, todo ello con alto nivel de garantía.

CONTENIDO

Desde aquella época histórica en la que en cada obra elaborábamos el hormigón a consumir en ella, la tecnología del hormigón ha sufrido una gran evolución.

Allá por los años 60 fue cuando realmente en España la industria del "hormigón preparado" inició su actividad (el primer suministro fue en 1955 por HYMPSA en Madrid), llegándonos el hormigón listo a la obra para su vertido y colocación. No obstante, su introducción en el sector fue mucho más lenta de lo esperado.

También por aquella misma época, más bien hacia los años 70, la industria de la química aplicada fue desarrollando una serie de aditivos para el hormigón que permitían modificar y mejorar las características del hormigón, tanto las finales (retracción, resistencia, durabilidad etc.) ya que permitían reducir la relación agua/cemento hasta el 20 ó el 25%, así como de las características reológicas iniciales (consistencia, bombeabilidad, resistencia temprana a las bajas temperaturas, etc.) que nos facilitarían su puesta en obra. Es la época en que se empezaba a agregar a los hormigones los aditivos: "plastificantes", "superplastificantes", "anticongelantes", etc., aunque siempre hubo muchas cautelas y reservas por parte de las Direcciones Facultativas, en



gran parte, por el desconocimiento de las nuevas tecnologías y sobre todo, por la poca experiencia en su aplicación en España.



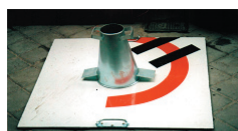
En los años 80 -más bien avanzada la década- en España la industria química lanza al mercado del hormigón la nueva gama de aditivos "fluidificantes" que nos permitirían reducir considerablemente la relación agua/cemento, hasta un 30%, con la consiguiente mejora de resistencias y mejor trabajabilidad. En el Congreso

Internacional del Hormigón Preparado HERCO, celebrado en Londres en 1988, en sus conclusiones finales, se puso de manifiesto que los aditivos, ya en ese momento, pasaban a ser el quinto componente de un hormigón, ello basado en el estado del arte de la industria en los principales países desarrollados.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS ADITIVOS

Generación	Década	Tipo de aditivo	Tipo de molécula	Reducción agua amasado
1ª	30	Plastificantes	Lignosulfonatos	10%
2ª	60	Superplastificantes (muy corta duración del efecto)	Naftalenos-sulfonatos Melaminas-sulfonatos	20% 25%
3ª	80	Fluidificantes	Copolímeros de Vinilo	30%
4ª	90	Superfluidificantes	Policarboxilato	40%

Una década más tarde, aparece la 4ª generación de aditivos, entre los que cabe destacar los nuevos “modificadores de viscosidad” **AMVs** y los “superfluidificantes”, en base de policarboxilatos, con los que se consigue reducir hasta un 40 % la relación agua/cemento, manteniendo su trabajabilidad. En esta década también evoluciona el empleo del “humo de sílice”, subproducto éste del filtrado de los humos de los hornos de silicio, y que debido a su microscópica granulometría y a sus características puzolánicas activas, aporta al hormigón aditivado con él, entre otras propiedades, la de incrementar considerablemente su resistencia, dando lugar a los HAP (hormigones de altas prestaciones)



ENSAYO Slump Flow

- Cono de Abrams: ϕ 60-70 cm.
- T_{80} : 3-5 s.

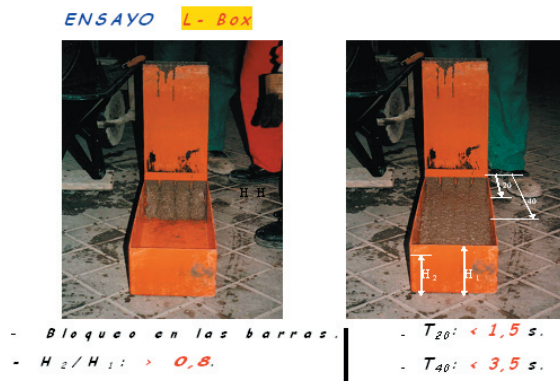


Por esos años, en la Universidad de Osaka (Japón), el profesor Ukamura desarrollaba en Japón una nueva formulación para el hormigón, tratando de resolver los problemas del hormigonado de los nudos fuertemente armados, debido a la problemática que se les plantea en ese país por el condicionante antisísmico de sus estructuras. Con ello nace el “hormigón autocompactante” conocido por las siglas **HAC** o SCC (del inglés: self compacting concrete). Este hormigón en sí, no difiere sustancialmente del concepto básico

del hormigón: aglomerante + agua + áridos: grava y arena, pero su dosificación es radicalmente distinta. Su fundamento está en conseguir una matriz de la fracción fina (0,120 mm. compuesta por

el cemento y los finos de los áridos) que junto con el agua dé lugar a una lechada que mantenga unidos, en fase pseudolíquida, al resto de los áridos, sin segregación ni exudación en la masa. De esta forma este nuevo tipo de hormigón, de consistencia “melosa”, tiende a rellenar, por sí sólo, todos los resquicios del encofrado y ferralla, sin necesidad de vibrado. De ahí su denominación de “autocompactante”.

En principio, los trabajos de profesor Ukamura, le llevaron a incrementar ese porcentaje de fracción de finos hasta unas cantidades del orden de 450 a 500 kg/m³, lo que debido a su gran superficie específica, requería gran cantidad de agua. Pero gracias al empleo de los superfluidificantes de 4ª generación, con los que se podía reducir ésta hasta un 40 %, hicieron posible la viabilidad de este tipo de hormigón. Los finos que en un principio empezaron siendo todo cemento, debido a su repercusión tanto en el calor de hidratación, retracción, fluencia etc. como en el precio del hormigón resultante, fue sustituido gran parte de este incremento de cemento por “filler”, “cenizas volantes”, “humo de sílice”, etc., siendo el más económico y habitual el primero de ellos. No obstante, este hormigón resulta en el mercado bastante más caro que el hormigón tradicional, del orden de un 25 a un 30%, motivo éste por el cual está poco introducido su uso en el sector español, además de que aún sigue siendo poco conocido. En Japón, Países Nórdicos y Dinamarca, su empleo se acerca al 60% del hormigón, sobre todo en prefabricación. En España, su aplicación se va extendiendo principalmente en prefabricación y obras singulares, donde la concentración de armaduras hace casi imposible el vibrado del hormigón tradicional. Como otra virtud de este hormigón, cabe destacar la perfecta reproducción de las superficies del encofrado, sin coqueras, ni nidos de grava y con muy pocas burbujas de aire en la superficie vista, lo que le hace además idóneo para obras de “hormigón visto”, por el buen acabado obtenido. Este tipo de hormigones, de forma específica, no estaban contemplados en la vigente EHE, si bien, si podían ser considerados en cuanto a lo relativo a su resistencia y durabilidad. En la nueva EHE-08, se incluye por primera vez, un anejo dedicado al empleo de los **HACs**.



Como ya se ha mencionado, en la década de los 90, la construcción de obras singulares, entre ellas las postesadas y los grandes rascacielos, exigió al hormigón prestaciones mecánicas mayores, llegándose a alcanzar resistencias superiores a los 100 N/mm². Nuevamente nos encontramos con que gracias a los aditivos: el humo de sílice y los superfluidificantes de 4ª generación, además de una muy cuidada granulometría y selección de los áridos, hicieron posible este logro. De hecho, en la primera EHE, la de 1998, ya incluyó un anejo relativo al empleo de los “hormigones de altas prestaciones” **HAP**, entendiéndose como tales, aquellos cuya resistencia superaban los 50 N/mm². Tal ha sido la evolución y experiencia habida en estos años transcurridos con este tipo de hormigones que la nueva instrucción EHE-08 ya los incluye como resistencias normalizadas en su articulado, llegando hasta los 100 N/mm², incluso por encima del Eurocódigo que solo llega a los 80 N/mm².

¿A DÓNDE CONducEN LAS NUEVAS TENDENCIAS E INVESTIGACIONES?

Una de las líneas de investigación actual en cuanto a dosificaciones y aditivos se refiere, está desarrollando la viabilidad de fabricar hormigones tradicionales que reúnan la condición de “autocompactantes”, mediante aditivos reguladores de la viscosidad, los **AMVs**, que tratan de sustituir a la sobredosificación en finos que encarece considerablemente a los **HACs**. De esta manera podrán ser competitivos en precios estos hormigones con respecto a los tradicionales.

En la actualidad aún no llega al 1% el volumen de los **HACs** que se coloca directamente en obra, acercándose al 50% en el campo de la prefabricación.

Si bien los nuevos tipos de hormigón vienen a simplificarnos la puesta en obra y/u obtener mayores prestaciones, como contrapartida, requerirán de un mejor y más esmerado proceso de curado, para lo cual los técnicos deberemos estar documentados y formados al respecto sobre dichos procesos.

En un futuro, no muy lejano, empezaremos a ver en las tarifas de precios del mercado del Hormigón Preparado, hormigones “autocompactantes”, digamos ordinarios, así como “hormigón autocompactante de altas prestaciones”, dentro de la escala de resistencias tipificadas por la EHE.

Otra de las líneas de investigación está trabajando en la incorporación de fibras a la masa del hormigón, incluso a los HACs, tanto de acero como de materiales poliméricos (polipropileno, polietileno de alta densidad, etc.) que confieren a los hormigones, sobre todo los de alta resistencia, mayor ductilidad, es decir, menor fragilidad, además de otras propiedades como son el control de la fisuración por retracción, mayor resistencia a la flexotracción, etc. Precisamente estas investigaciones han conducido ya a obtener hormigones de muy altas resistencias a compresión, superiores a los 150 N/mm², y también a tracción, superando los 40 N/mm². Son los denominados “hormigones de ultra-altas prestaciones” (**UHPC**), hoy en día una realidad.

Desde el punto de vista de la durabilidad, la investigación en el campo de los aditivos apunta, principalmente para obras con alto riesgo de corrosión (obras reinfluencia marítima, etc) a aditar la masa del hormigón con la nueva generación de inhibidores de la corrosión migratorios, denominados **MCI** (Migrating Corrosion Inhibitor), basados en aminoalcoholes, y los más modernos en aminocarboxilatos. Dado el alto costo de estos productos, hoy por hoy, salvo para obras muy justificadas, su empleo habitual se circunscribe a los hormigones de reparación a consecuencia de la corrosión.

Otros nuevos tipos de hormigones se presentan también en el horizonte de la reglamentación. Así por ejemplo la reciente EHE-08, recoge ya en sus anejos - que como todos sabemos solo tienen carácter orientativo - recomendaciones sobre en empleo de hormigones: con árido reciclado (A-15); hormigones ligeros (A-16); y hormigones diversos de carácter no estructural (A-18), además de los ya citados anteriormente, hormigones con fibras (A-14) y autocompactantes (A-17). Es probable, que a lo largo de la experiencia del uso de estos hormigones durante el periodo de vigencia de la citada Instrucción, hasta que vuelva a ser revisada, las recomendaciones de alguno de éstos pasen a especificaciones en el articulado, como ha ocurrido ahora, por ejemplo, con los hormigones altar resistencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Autores varios.- “Libro de Ponencias y Comunicaciones del 1er Congreso Español sobre Hormigón Autocompactante”. Valencia-2008. ISBN:978-84-612-2373-2.

- EHE-08 : “Instrucción de hormigón estructural” R.D. 1247/2008 de Presidencia del Gobierno. (BOE 22.08.08).

- ORTE, Jesús .- “Sistemas de protección mediante uso de inhibidores de corrosión migratorios” Revista “Zuncho” nº 11 –mar-2007. ISSN: 1885-6241.

- RANCERO, Joana; S. Khurana, Rabender y CORRADI, Mario. .- “Hormigones autocompactantes con bajo contenido de finos” . Revista “Hormigón preparado” nº 87-sep-08. ISSN:1133-1380.